

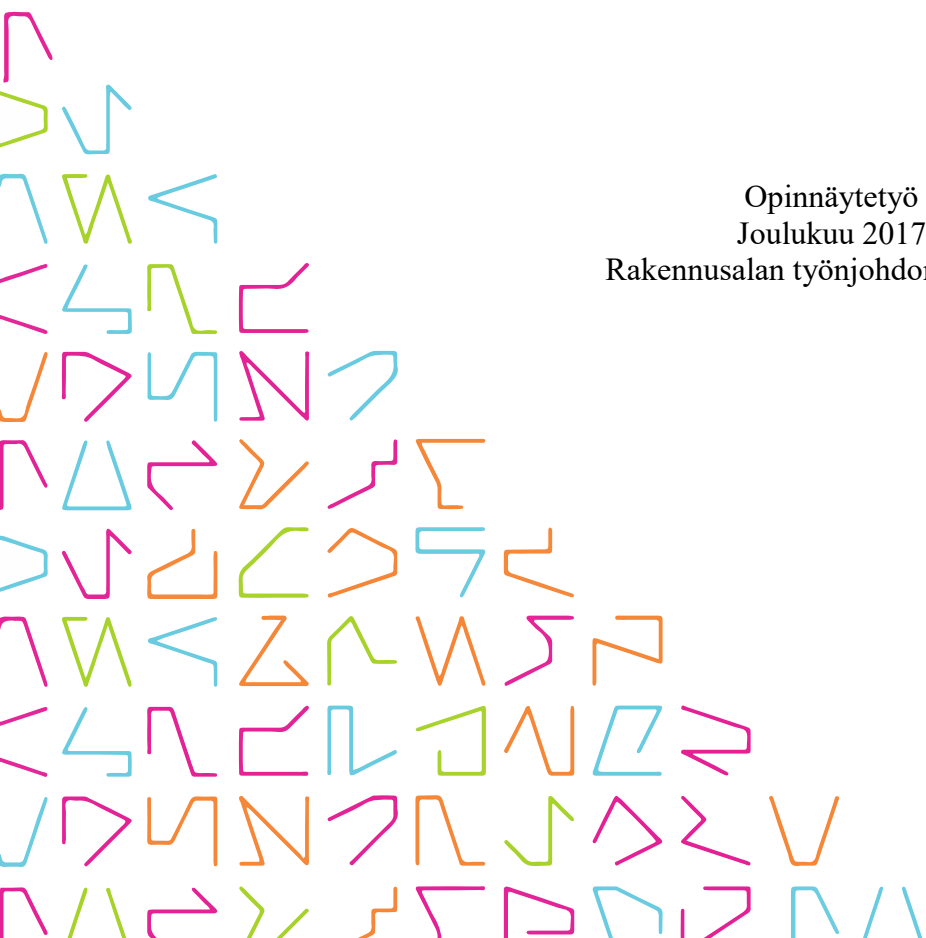


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

KUORILAATTOJEN KÄYTTÖ PYSÄKÖINTI- LAITOKSEN VÄLIPOHJANA

Iiro Heikkilä

Opinnäytetyö
Joulukuu 2017
Rakennusalan työnjohdon koulutus



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennusalan työnjohdon koulutus

HEIKKILÄ, IIRO:

Kuorilaattojen käyttö pysäköintilaitoksen välipohjana

Opinnäytetyö 32 sivua
Joulukuu 2017

Opinnäytetyössä tavoitteena oli tarkastella kuorilaattarakenteen ominaisuuksia sekä sitä käyttämällä saavutettuja hyötyjä. Tutkimuksessa vertaillaan rakenteiden teknisiä, taloudellisia sekä aikataulullisia ominaisuuksia. Kuorilaattarakennetta verrattiin ontelolaatta- ja massiivibetonilaattarakenteeseen. Opinnäytetyössä selvitetään sopivin välipohjarakenne esimerkkikohteen pysäköintilaitokseen.

Välipohjarakenteiden kustannukset on laskettu käyttämällä Excel laskentaohjelmaa. Tietolähteinä työssä on käytetty alan kirjallisuutta, Ratu-kortistoa ja sähköisiä lähteitä. Esimerkkikohteen suunnitelmia, piirustuksia, laskelmia, aikatauluja sekä työmaalta otettuja kuvia. Laskelmissa käytetyt työmenekit ovat Ratu-kortiston ohjearvojen mukaisia.

Opinnäytetyön tulokset osoittivat, että kyseisen pysäköintilaitoksen välipohjat ovat edullisinta toteuttaa käyttämällä ontelolaattarakennetta. Aikataulutusvertailussa kuorilaattarakenne oli kiistaton voittaja sen parhaan asennusnopeuden takia, jolla on merkittävä vaikutus työmaan kokonaiskestoon ja näin myös kokonaiskustannuksiin. Ontelolaattarakenteeseen liittyy paljon jälkitöitä ja näiden myötä myös paljon jälkitöistä aiheutuvia epäsuoria kustannuksia.

Asiasanat: kuorilaatta, vertailu, aikataulu, kustannus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Site Management

HEIKKILÄ, IIRO:

Thin-Shell Slabs Usage as Intermediate Floor of the Multi-Storey Car Park
Bachelor's thesis 32 pages
December 2017

The objective of this thesis was to examine attributes and benefits of the thin-shell slab structure. The thin-shell slab structure was compared to hollow slabs and cast-in-situ floors. The examination compared the temporal, technical and economic properties of the structures. The thesis examines the most suitable intermediate floor structure for the example destinations parking facility.

The costs of intermediate floors constructions have been calculated using the Excel calculation program. Information to thesis was obtained from literature, Ratu-cards, and electronic sources. The work hours consumptions used in the calculations are in accordance with the Ratu-cards guidelines.

The results of the thesis showed that most cost-efficient way to build intermediate floor to parking facility is to use hollow slab structure. In the schedule comparison thin-shell slab structure was the winner due to its best installation speed, which has a significant impact on the overall duration of the construction site and thus also the total cost. The hollow-core structure involves a lot of post-production work and its indirect cost are noticeably higher due post-production works.

Key words: thin-shell slab, comparison, schedule, cost

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KUORILAATTOJEN KÄYTTÖ.....	6
2.1	Yleistietoa	6
2.2	Käyttökohteet.....	7
2.2.1	Liike- ja asuinrakennukset	7
2.2.2	Pysäköintitalot.....	7
2.2.3	Teollisuusrakennukset.....	8
3	KUORILAATAT TYÖMAALLA	9
3.1	Asennuksen suunnittelu	9
3.2	Asennus.....	11
3.3	Väliaikaistuenta	12
3.4	Raudoitus ja valmistelevat työt.....	13
3.5	Betonointi.....	14
3.6	Toleranssit.....	17
3.7	Palonkesto	19
4	VÄLIPOHJARAKENTEIDEN VERTAILU	21
4.1	Lähtötiedot	21
4.2	Vertailtavat rakenteet.....	22
5	KUSTANNUSVERTAILU	24
5.1	Materiaalikustannukset	24
5.1.1	Kuorilaatta.....	24
5.1.2	Ontelolaatta	24
5.1.3	Massiivibetonilaatta	25
5.2	Työkustannukset	26
5.3	Kokonaiskustannukset	27
6	POHDINTA.....	30
	LÄHTEET.....	31

1 JOHDANTO

Välipohjarakenteet muodostavat merkittävän osan rakennusprojektien runkovaiheen kustannuksista. Rakennevalinnoilla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuskustannuksiin sekä aikataulutukseen. Työhön valittiin esimerkkikohteeksi seitsemänkerroksinen pysäköintilaitos, joka sijaitsee Jyväskylässä. Kohde toteutettiin kuorilaattarakenteena ja tutkimuksessa selvitettiin, miten tuotantomenetelmät, -kustannukset ja aikataulu olisivat muuttuneet, jos kohteen välipohjat olisi vaihdettu ontelolaatta rakenteisiin tai paikallavallatuille rakenteisiin.

Tässä opinnäytetyössä tavoitteena on käsitellä kuorilaattojen eri ominaisuuksia sekä vertailla niitä vaihtoehtoisin rakennustapoihin kuten ontelolaatta- ja massiivibetonilaattapohjiin. Vertailun kohteena ovat ajalliset-, tekniset- sekä taloudelliset ominaisuudet. Ajallisista ominaisuuksista vertaillaan asennusnopeutta sekä asennukseen tarvittavia työresursseja. Taloudellisista ominaisuuksista vertaillaan työn- sekä materiaalien kustannuksia joista koostuvat kokonaiskustannukset. Teknisistä ominaisuuksista vertailussa ovat palonkestävyys sekä kosteudenhallinta. Työssä käsitellään myös välipohjavaihtoehtojen asennustyön vaiheita pääosin kuorilaattojen osalta. Kuorilaattojen työmaatoimintoihin kuuluu elementtiasennus, asennusaikainen tuenta, betoniteknikka sekä asennustekniset asiat kuten työn suorittaminen turvallisesti.

Tietolähteinä työssä on käytetty alan kirjallisuutta, Ratu-kortistoa ja sähköisiä lähteitä. Esimerkkikohteen suunnitelmia, piirustuksia, laskelmia, aikatauluja sekä työmaalta otettuja kuvia. Laskelmissa käytetyt työmenekit ovat Ratu-kortiston ohjearvojen mukaisia. Osa vertailulaskemassa käytetyistä hinnoista on todellisia tavarantoimittajien laskuttamia hintoja ja osa suuntaa-antavia hinta-arvioita.

2 KUORILAATTOJEN KÄYTTÖ

2.1 Yleistietoa

Kuorilaatta on ohut esijännitetty umpilaattaelementti, jonka eräänä perusajatuksena on ollut yhdistää elementtitekniikan ja paikallavalun hyvät puolet. Kuorilaatta toimii paikallavalun muottina, jota ei tarvitse poistaa. Se antaa samalla tehdasvalmiin sileän alapinnan ja valmiin alapinnan raudoituksen. Valmiina rakenteena kuorilaatta toimii pääraudoituksen omaavana liittorakenteena yhdessä pintavalun kanssa. Esijännitetyissä kuorilaatoissa jänteet jännitetään ennen valua ja ankkuroidaan laatan päädyissä oleviin kiinnityslaitteisiin. Betonivalun saavutettua riittävän lujuuden katkaistaan jänteet kiinnityslaitteesta. Katkaistu jännepunos puristaa laattaa koko matkalta luoden esijännityksen. (Elementtisuunnittelu 2010c.)

Kuorilaattoja valmistettaessa on betonin lujuusluokan oltava raudoitettujen kuorilaattojen osalta oltava C25/30 ja esijännitettyjen kuorilaattojen osalta C30/37. Kuorilaatan toiminta perustuu rakenneosien väliseen tartuntaan kuorilaatan ja paikallavalun välinen tartunta perustuu kuorilaatan karhennuksiin betonipinnassa sekä ansaihin, jotka toimivat liittorakenteessa leikkausvaaroina. (Elementtisuunnittelu 2010c.)

Kuorilaatan päälle valettavan paikallavalun raudoituksen suunnittelee kohteen rakenne-suunnittelija. Raudoitetta suunnitellessa noudatetaan samoja periaatteita, kun perinteisessä paikallavalulaatassa. Suurimpana erona voidaan pitää kuorilaatan esijännitettyjen jänneteräksien kantavuus, joka korvaa pääraudoituksen tarpeen pääkantosuunnassa. Kuorilaattaelementtien ansaat varmistavat työsauman toimivuuden pintavalun kanssa. Ansaita voidaan myös käyttää elementin nostamiseen joka nopeuttaa asennusta. (Elementtisuunnittelu 2010c.)

Kuorilaatan vakioleveys on 1200 mm, mutta tarpeen mukaan saatavilla on myös kaven-nettuja laattoja sekä erityisen leveitä 2400 mm kuorilaattoja. Vakiopaksuuksina voidaan pitää 100, 120 ja 150 mm. Erityistä kantavuutta tai palonkestoaikaa vaativissa kohteissa voidaan kuorilaattoja valmistaa myös 160 mm paksuina. Laataston liittorakenteeksi sitovan pintavalun paksuus vaihtelee 100 – 200 mm välillä. Kuorilaattojen maksimijänneväli on noin 10 m.

”Liittorakenteen perusajatus on eri materiaalien optimaalinen käyttö. Kutakin materiaalia käytetään niissä rakenteen osissa, joissa sen ominaisuuksia voidaan tehokkaimmin ja taloudellisemmin hyödyntää.” (Elementtisuunnittelu 2010d.) Kuorilaatan parhaita puolia ovat sen helppo käsiteltävyys ja välivarastointi.

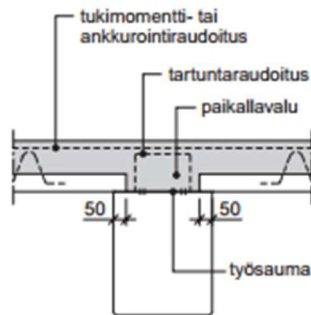
2.2 Käyttökohteet

2.2.1 Liike- ja asuinrakennukset

Liike- ja asuinrakennuksia voidaan myös toteuttaa hyödyntämällä kuorilaattoja. Ne soveltuvat käyttäviksi ala-, väli- ja yläpohjien betonirakenteissa. Alapohjarakenteena kuorilaattaa käytettäessä vaatii se lisälämmöneristyksen alapintaan ja rakenne tulee toteuttaa kantavana. Kuorilaattojen liittorakenteen pintavalu mahdollistaa joustavien LVIS-asennusten tekemisen vapaasti tarvittaviin paikkoihin, kuten paikallavalurakenteessa. Jatkuvana laatastona toteutettuna kuorilaattarakenteella saavutetaan samankaltaiset palonkesto- ja ääneneristävyysominaisuudet kuin massiiviteräbetonirakenteella. Kuorilaatta rakenteilla pystytään toteuttamaan vapaasti monen muotoisia rakennuksia, koska rakennusten muoto ei ole sidottu minkään muotti- tai elementtijärjestelmien moduulimittoihin. (Elementtisuunnittelu 2010c.)

2.2.2 Pysäköintitalot

Pysäköintilaitosten rungot toteutetaan yleensä kantavina pilari-palkkirakenteina. Käytettäessä kuorilaattoja laattarakenteena saadaan aikaan kaksinkertainen liittorakenne, jossa palkit toimivat palkit toimivat pintavalun kanssa liittorakeena palkin suuntaisesti sekä kuorilaatat pintavalun kanssa laattojen suuntaisesti (kuva 1). Palkit ovat toiminnaltaan vapaasti tuettuja yksiaukkoisia liittopalkkeja. Kuorilaatasto on taas useampiaukkoainen, jatkuva yhteen suuntaan raudoitettu laatasto. Järjestelmän avulla saavutetaan suuret jännevälit, jolloin saadaan paljon esteetöntä parkkitilaa, kun pilarit ovat harvemmassa. Kuorilaattarakenteisessa pysäköintitalossa ei tarvita erillistä kerrostasojen vedeneristystä, kun varmistetaan rakenteen säilyvyys betonirakenteiden säilyvyysohjeistuksen mukaisesti. Pysäköintitasojen vedenpoisto toteutetaan tasojen ja pintalaatan erillisillä kallistuksilla. (Elementtisuunnittelu 2010e.)



KUVA 1. Kuorilaatta ja palkki liittorakenteena (Elementtisuunnittelu 2010.)

2.2.3 Teollisuusrakennukset

Teollisuus- ja varastorakennuksissa kantava runko toteutetaan yleensä pilari-palkkirunkona. Nämä rakennukset ovat useimmin yksikerroksisia halleja, joihin saatetaan liittää useampikerroksisia toimisto- ja aputiloja. Muuntojoustavuuden sekä yleisesti vaadittujen suurien vapaiden tilojen takia kantavia pystyrakenteita on vähän ja vaakarakenteiden jännevälit ovat pitkiä. Pitkiin jänneväleihin päästään käyttämällä vaakarakenteissa suuria rakennekorkeuksia. Teollisuusrakentamisessa runko suunnitellaan aina tuotantotoiminnan ehdoilla, näin ollen rungon jännevälien ja rakenteiden sijaintiin ei voida aina suoraan vaikuttaa. Suunnitteluvaiheessa pitää huomioida mahdollisuus muutoksiin, koska lähtökoh- tana voi olla se, että rakennuksen tulevaa toimintaa ei tiedetä etukäteen tai siitä tiedetään sen verran, että tuotantotoimintaa voidaan joutua muuttamaan ajan kuluessa. Kuorilaa- tasto voidaan suunnitella kestäämään suuria rasituksia sekä hyöty- ja pistekuormia vaativia laattarakenteita. Kuorilaatat voidaan suunnitella esimerkiksi 20 kN/m^2 kuormitukselle sekä palonkestoluokille R60-R120. (Elementtisuunnittelu 2010f.)

3 KUORILAASTAT TYÖMAALLA

3.1 Asennuksen suunnittelu

Elementtiasennuksen ensimmäinen vaihe ennen varsinaisten töiden aloitusta on käydä läpi työn toteutus aloituspalaverissa. Palaverissa käydään läpi seuraavat asiat aikataulut, kalusto, suunnitelmat, laadunvarmistus sekä työturvallisuustekijät. Lisäksi urakoitsija on velvoitettu laatimaan asennussuunnitelman ennen töiden aloitusta.

Asennussuunnitelman tulee käsitellä esimerkiksi seuraavat asiat: elementtien väliaikaisvarastointi, nostoapuvälineet, liitosten materiaalit, hitsaustavat, juotosvalujen suojaaminen, elementtien asennusaikainen tuenta, vähimmäistukipinnat ja asennusjärjestys. Asennussuunnitelma tulee sisältää myös asennustyön työturvallisuussuunnitelma.

Ennakkoon tulee myös sopia mahdollisesta mallityöstä sekä käytettävistä työmenetelmistä. Asennustyönkulku tulee suunnitella mahdollisimman keskeytymättömäksi sekä kaluston siirrot tulee minimoida. Työryhmällä tulisi olla aina uusi työkohde vapaana edellisen valmistuttua. Työssä käytettävät työkoneet, nostokoneet ja materiaalit siirretään työkohteeseen tarkistettaviksi ennen työn aloittamista. Tarkastuksissa käydään läpi koneiden soveltuvuus työtehtäviin sekä nostokalustolle tehdään tarvittavat käyttöönotto-, vastaanotto-, ja toimintatarkastukset ennen käyttöönottoa.

Poikkeavissa sääolosuhteissa töiden suorittamisesta tehdään myös suunnitelmat, suurimpana vaaratekijänä on asennustyön tekeminen kovalla tuulella. Asennustyö on keskeytettävä, jos tuulen voimakkuus ylittää 15 m/s. Talvella kulkusillat, telineet, tikkaat, elementit ja asennuspalat saattavat olla liukkaita lumen ja jään vaikutuksesta. Nostoalue rajataan siten että ulkopuolisten henkilöiden liikkuminen alueella estetään ja nostotyöt saadaan tehtyä turvallisesti.

Elementtien saapuessa työmaalle tarkastetaan toimitussisällön kunto ja kirjataan rahtikirjaan mahdolliset virheet ja puutteet. Tarvittaessa vialliset tai rikkiäiset elementit valokuvataan ja tiedot välitetään elementtitoimittajalle. (Betoniteollisuus ry 2013.)

Kuorilaatat varastoidaan (kuva 2) kuljetustelineeseen päällekkäin, kovalle ja kantavalle alustalle siten, että teline ei pääse painumaan. Painumat voidaan estää riittävillä aluspuilla. Vain saman mittaisia kuorilaattoja saa varastoida päällekkäin. Välipuut asennetaan samoihin kohtiin kuin kuljetusaikaiset tuet. Alus- ja välituen paksuus on ansaallisissa laatoissa vähintään 75 mm ja ansaattomissa 50 mm, jotta nostosaksien turvaketjun kiinnittäminen ennen nostoa on mahdollista. Kuorilaatat pyritään kuitenkin asentamaan suoraan kuormasta, jotta välivarastointia ei tarvittaisi. (Betoniteollisuus ry 2013.)



KUVA 2. Kuorilaattojen välivarastointi. (Elementtisuunnittelu 2010d.)

3.2 Asennus

Kuorilaatat asennetaan vähintään 15 mm paksujen asennuspalojen varaan. Asennuspa-loilla taataan laataston tasaisuus. Asennuspaloja käytetään vähintään 600 mm jaolla, ele-menttien nurkissa ja keskellä. Vaihtoehtoisesti asennuksessa voidaan käyttää 10-20 mm paksua Neopren-nauhaa betonipalkin ja kuorilaatan välissä. Kuorilaatta asennuksessa tu-kipinnan suunnittelupituus on 60 mm ja asennustoleranssi ± 20 mm, suunnittelija ole toi-sin määrännyt. Tukipintaa tulee siis jäädä vähintään 40 mm. Jos tukipinta jää jostain syystä pienemmäksi, tulee ottaa yhteys suunnittelijaan. Kohteissa joissa ei käytetä työn-aikaista tuentaa lainkaan on suunnittelupituus tukipinnalle 80 mm ja asennustoleranssi ± 20 mm, jolloin tukipintaa tulee jäädä asennuksen jälkeen 60 mm. (Betoniteollisuus ry 2013.)

Kuorilaattaelementit voidaan asentaa joko ansaista tai nostolenkeistä. Ansaattomat laatat nostetaan yleisemmin ontelolaattojen tapaan nostosaksilla ja –puomilla. Ansalliset kuori-laatat asennetaan nelipistenostona ilman erillisiä nostosaksia tai -palkkeja kiinnittämällä nostoketjut ansaisiin, nostoissa on aina käytettävä lukkiutuvia nostokoukkuja. Nostoka-luston kuntoon on kiinnitettävä huomiota koko työvaiheen ajan, eteenkin nostoketjuihin sekä -koukkuihin. Suunnittelija määrittää laattojen nostokohdan sekä nostopisteiden mää-rän. Erityisen pitkissä tai elementeissä joissa on reikiä tai heikennyksiä, käytetään 6-pis-tenostoa, jolla saadaan tuettua elementtiä keskeltä noston aikana. Elementtiä ohjataan köydellä noston ajan ja asennetaan paikalleen asennuskangilla. Kun elementti on paikal-laan ja tuettu voidaan nostokoukut irrottaa. Välittömästi laatan ollessa paikallaan asenne-taan mahdolliset aukkosuojaukset, laataston edetessä on reunoille asennettava putoamis-suojaus kaiteet. Kuorilaattoihin voidaan vaihtoehtoisesti kiinnittää kaiteet jo maassa en-nen paikalleen asennusta, jolla parannetaan työturvallisuutta. Kuorilaattarakenteen yksi eduista on mahdollisuus hyvin turvallisiin työmenetelmiin. (Betoniteollisuus ry 2013.)

Nostotyötä suunnitellessa on varmistettava riittävyys ja turvallisuus. Kaikista nostokalus-tosta ja apuvälineistöstä on löydyttävä merkinnät, että ne ovat soveltuvia kyseiseen työ-hön. Nostokalustosta tulee löytyä CE-merkinnät sekä riittävä suurin sallittu kuorma tulee olla ilmoitettu.

3.3 Väliaikaistuenta

Asentajalla tulee olla työmaalla asennuksen alkaessa asennussuunnitelma ja laattojen sijoituskaavio, jossa työnaikaisten tukilinjojen määrä ja sijainti sekä esikorotus ja kuormitus on esitetty.

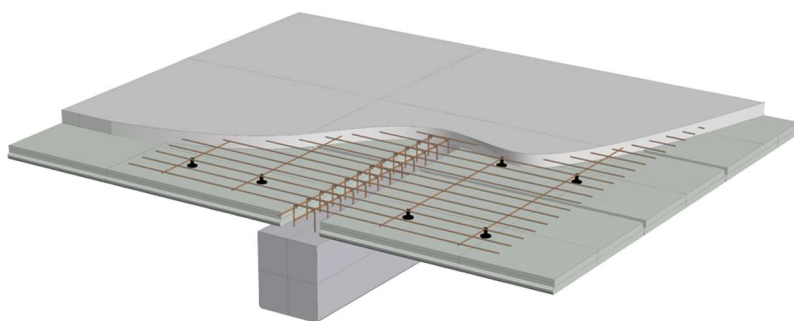
Kuorilaataston alle asennetaan työnaikaiset kannatinpalkit ja säädettävät pystytuet asennussuunnitelman mukaisesti kannattelemaan pintavalun paino ennen valun lujituksen kehittymistä ja valunaikaisen taipuman estämiseksi. Pystytukia asennetaan yhdestä neljään riviä laattaelementistä ja jännevälillä riippuen, myös kuorilaattoja kannattelevat palkit tuetaan. Laatastoja esikorotetaan mahdollisimman keskeltä jänneväliä asennussuunnitelman mukaisesti, korotuksella pyritään minimoimaan kokonaistaipuma lopullisessa rakenteessa korottamalla laatastoja oman painon aiheuttaman taipuman verran ylöspäin. Tuennalla saadaan myös varmistettua rakenteen tasainen alapinta. Maanvaraan tuettaessa täytyy varmistua maanperän riittävästä kantavuudesta, jotta tuet eivät pääse painumaan valun aikana. Alemman holvin varaan tuettaessa täytyy varmistaa suunnittelijalta, ettei holvin katokykyä ylitetä eivätkä taipumat aiheuta tukien liiallista painumista. (Elementtisuunnittelu 2010b)

Väliaikaistuennan saa poistaa aikaisintaan, kun jälkivalun lujuus on saavuttanut 60% suunnittelulujuudesta, ellei suunnittelija ole toisin ohjeistanut. Tuennan keventäminen betonin viruman estämiseksi on kuitenkin suositeltavaa, kunnes jälkivalun lujuus on saavuttanut 70% suunnittelulujuudesta. Jos laattaa tullaan kuormittamaan seuraavien kerrosten väliaikaistuennalla, ei kaikkia tukia saa poistaa alemmista kerroksista, vaan on sinne jätettävä riittävän tiheä pistemäinen tuenta. (Elementtisuunnittelu 2010b)

3.4 Raudoitus ja valmistelevat työt

Kuorilaatat sisältävät valmiin kenttäraudoituksen. Työmaalla tehtäväksi jää siten tarvittavien ankkurointi-, jako-, rengas- ja tukiraudoitusten asentaminen pintavaluun (kuva 3). Tarvittavat raudoitukset ovat tapauskohtaisia ja riippuvat kohteen käyttötarkoituksesta. Yksiaukkoiseen rakenteeseen suunnitellaan tukien yläpintaan halkeilua rajoittava raudoitus. Jatkuvana rakenteena suunnitellessa tarvitaan tuille massiivisempi tukiraudoitus. Jos laatasto toimii kohteessa runkoa jäykistävänä levyrakenteena, on stabiliteetin varmistamiseksi lisättävä ulkoreunalle rengasraudoitus, joka sijaitsee enintään 1,2 m etäisyydellä reunalta. Jakoraudoituksia eli kantosuuntaan nähden poikittaisraudoitusta tarvitaan suurempien piste- ja viivakuormien alueilla sekä isompien aukkojen reuna-alueilla. Jakoraudoituksen on tarkoitus estää myös pintalaatan kutistumisen vaikutuksia, erityisesti paksummissa pintalaatoissa sekä laatoissa, jotka tukeutuvat palkeille. (Lydman 1998, 79.)

Ennen valutöiden aloittamista on tehtävä valmisteleviä työvaiheita kuten mahdollisten tartuntojen asennus sekä tarvittavat muottityöt. Vaikka kuorilaatta toimii itsessään jo muottina paikallavalualaalle, täytyy laataston ja seinän välinen kulma muotittaa alapuolelta.



KUVA 3. Jatkuvan laataston raudoite (Elementtisuunnittelu 2010d.)

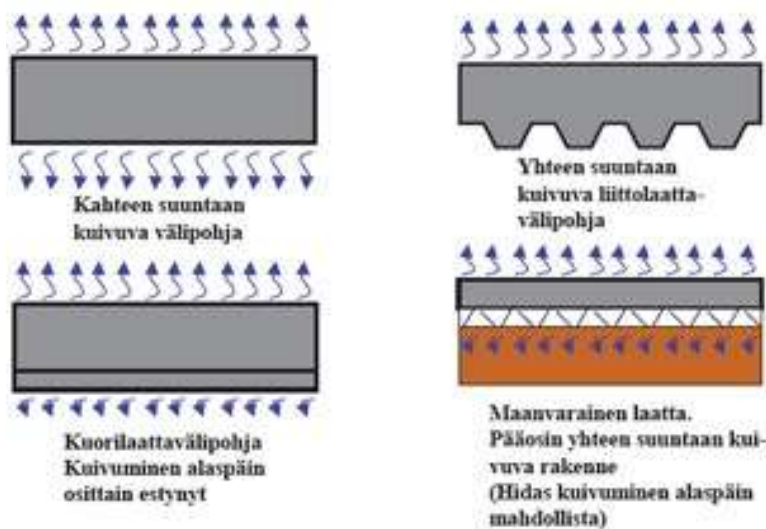
3.5 Betonointi

Pintavalu on kuorilaattojen asennusvaiheen kriittisin vaihe, koska hyvin toteutetulla valutöillä säästetään sekä kustannuksissa että ajassa. Betonointi suoritetaan normaalina paikallavalutyönä, joko pumppaamalla tai nostoasialla valamalla. Pintavalun riittävän tartunnan varmistamiseksi on kuorilaataston pinta pudistettava huolellisesti ennen valua vedellä, harjaamalla tai paineilmalla. Valutöiden alkaessa kuorilaatan pinta voi olla kostea, mutta pinnalla ei saa olla irtovettä. Tarvittaessa lämpimällä säällä voidaan laatastoaa kastella ennen valua, jos liian kuivan laatan imukyvyyn uskotaan vaikuttavan jälkivalun onnistumiseen. Pinnan kastelu tulee kuitenkin lopettaa tässäkin tapauksessa ajoissa, että laatan pinta ehtii kuivaa riittävästi ennen valua. (Rakennustieto Oy & Talonrakennusteollisuus ry 2012.)

Pintalaattaa valaessa betoni on levitettävä ja tiivistettävä mahdollisimman tasaisesti ja enintään laatan paksuisina kerroksina, koska väliaikaistuenta ei ole mitoitettu rakennepaksuutta suuremmalle kuormalle. Suuremmat betonikuormat saattavat aiheuttaa kuorilaattoihin epätasaisia taipumia, hammastuksia tai jopa kantokyvyn ylittymisen. Pintavalun tartunta kuorilaattaan varmistetaan tärysauvoja tai palkkeja käyttäen. Tiivistämisen tärkeys korostuu laataston reuna-alueella, aukkojen ympärillä sekä alueilla jossa on tiheästi raudotteita tai talotekniikkaa. Alemman kerroksen mahdolliset betonivalumat on puhdistettava pian valun jälkeen, ennen niiden kovettumista, jotta lopputuloksena on puhdas ja sileä laataston alapinta. (Rakennustieto Oy & Talonrakennusteollisuus ry 2012.)

Ennen kuin lattia voidaan pinnoittaa, tulee sen olla riittävän kuiva kyseisen päällystysmateriaalin kosteusraja-arvoille. Kuivamista voidaan kuitenkin nopeuttaa käyttämällä nopeammin kuivavia betonilaatuja, luomalla suotuisat kuivamisolosuhteet sekä estämällä rakenteen kastuminen. Vasta kun lisäkosteuden pääsy rakenteeseen estetään, voidaan olettaa betonin kuivamisen alkavan. (Merikallio 2002, 32-37.)

Betonirakenteiden kuivumisolosuhteita voidaan parantaa lämmittämällä tai tuulettamalla rakenteen ympäröivää ilmaa, lämmittämällä betonia sekä käyttämällä ilmankuivaimia. Kuorilaatastoa kuivatettaessa yleensä käytetään laataston lämmittämistä alaspäin, jolla saadaan kosteus siirtymään rakenteessa ylöspäin (kuva 4). Mikäli laataston yläpuolista tilaa saadaan kuivatettua, nopeutuu lujuudenkehitys entisestään. Kuorilaataston lämmitysmenetelmäksi soveltuu parhaiten infrapunasäteilylämmitys, jolloin väliaikaistuenta ei vaikuta lämmön rakenteisiin siirtymiseen. Betonin lujuudenkehityksen kannalta sitä ympäröivän ilman lämpötilan tulee olla $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ astetta ja ilman suhteellisen kosteuden maksimissaan 50 %. Lujuudenkehitystä saadaan nopeutettua merkittävästi nostamalla ympäröivän ilman lämpötila $+25 - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ asteeseen. (Merikallio 2002, 32-37.)



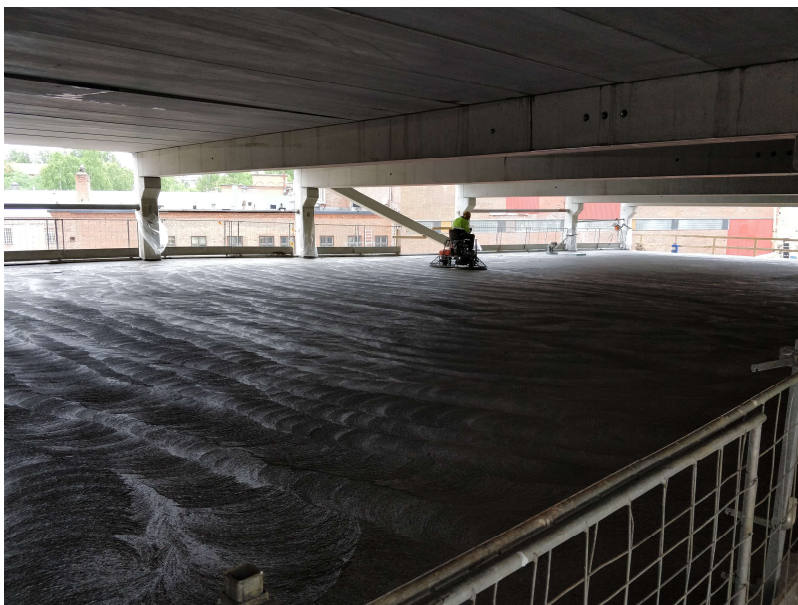
KUVA 4. Rakenteiden kuivamissuunnat (Merikallio 2002, 35)

Kohteissa joissa valun päästä päällystämään nopeasti, on suositeltavaa käyttää NP-betonia. Nopeasti päällystettävät betonit saadaan kuivamaan päällystyskuiviksi jopa kolme kertaa nopeammin kuin perinteinen betoni vastaavassa tilanteessa. Betoni saadaan kuivamaan nopeammin käyttämällä matalampaa vesisementtisuhdetta sekä huokoistamisella, jota tarvitaan erityisesti, jos kuivumisvaatimuksena on 90 % suhteellisen kosteuden (RH) saavuttaminen nopeasti. Kuivumisvaatimuksia on lähinnä niille, jotka tullaan pinnoittamaan kosteusherkällä materiaalilla. Vaatimustaso on useimmin 80 % - 90 % suhteellisen kosteuden (RH) saavuttaminen. Rakenteiden pinnoitus niiden ollessa liian kosteita voi johtaa kosteusvaurioihin päällystysmateriaalissa, tasoitteessa tai liimassa. Nämä voivat näkyä päällysteen irtoamisena, värjäytymisenä, hajuhaittoina tai terveydelle haitallisina mikrobeina.

Betonilattia voidaan pinnoittaa vasta kun ollaan varmistettu mittaamalla, että kosteuspi-toisuus on päällystysmateriaalin vaatimusten mukainen. (Merikallio 2002, 32-37.)

Jälkihoidon tarkoituksena on estää betonivalun kuivuminen liian varhain. Oikein toteute-tulla jälkihoidolla voidaan vaikuttaa betoninpinnan lujuuteen, kulutuskestävyyteen, tii-viyteen, päällystettävyyteen, alustaan tarttuvuuteen ja halkeiluriskiin. Jälkihoitotyöt voi-daan jakaa kahteen vaiheeseen: varhaisjälkihoitoon ja varsinaiseen jälkihoitoon. (Rudus 2017.)

Varhaisjälkihoito tehdään heti pinnan oikaisun jälkeen sumuttamalla pinnalle riittävästi jälkihoitoainetta. Varsinainen jälkihoito aloitetaan viimeisen hiertokerran jälkeen (kuva 5), jälkihoito voi perustua jälkihoitoaineisiin, veden sumutukseen, suodatinkankaaseen tai muovikalvon käyttöön. Betonin tulee olla kostea muovikalvon alla. Jos muovin ala-pinta ei helmeile vedestä, on betonin pintaa syytä kastella lievästi ja peitellä uudelleen. Jälkihoitoa jatketaan yleensä vähintään kolme vuorokautta. Jälkihoitoaineita käytettäessä aineet tulee poistaa betonipinnalta jälkihoitoajan jälkeen harjaamalla, hiomalla tai sinko-puhaltamalla pinta. Betonin kuivumiskutistumista ei jälkihoidolla voida estää, mutta sa-malla kun jälkihoito lopetetaan, käynnistyy kuivumiskutistuminen. Kaikissa betonilaa-duissa, joissa vesisementtisuhde on pienekkö, on plastisen kutistumahalkeilun riski, ellei betonia valun jälkeen jälkihoideta asianmukaisella tavalla, ja betonin pinta pääsee kuivu-maan liikaa. Halkeiluriski on erityisen suuri kuivissa, aurinkoisissa ja tuulisissa olosuh-teissa. Varhaisvaiheen plastinen kutistuminen voidaan estää jälkihoidolla pitämällä beto-nia kosteana. (Rudus 2017.)

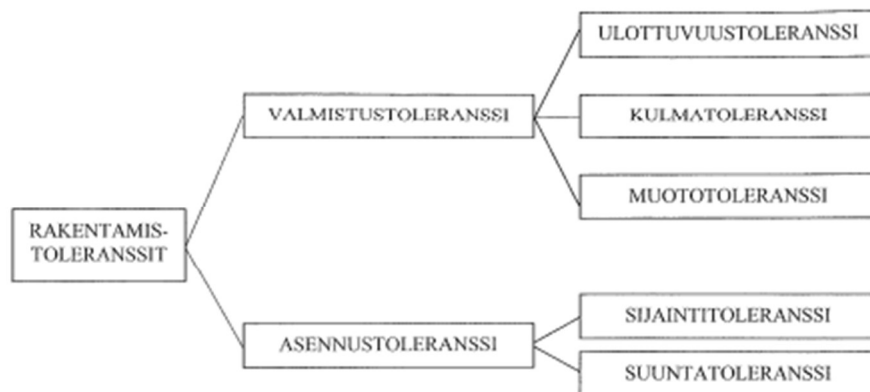


KUVA 5. Koneellinen hierto (Kuva: Iiro Heikkilä 2017.)

3.6 Toleranssit

Toleransseilla tarkoitetaan elementin mittojen sallittua vaihtelua. Toleransseissa pysyminen on edellytys CE-merkinnälle, jolla varmistetaan elementin oikein toimivuus. Kokonaistoleranssi eli rakentamistoleranssi koostuu kahdesta pääryhmästä jotka ovat valmistustoleranssi sekä asennustoleranssi (kuvio 1). Valmistustoleranssissa mitataan elementin pituutta, paksuutta, leveyttä, sivukäyryyttä, kulmapoikkeamia, tehtaalla asennettuja teräsosia sekä varauksia. Valmistustoleranssien tarkkaileminen on elementtivalmistajan vastuulla. Asennustoleranssissa tarkkaillaan puolestaan elementtiasennusta työmaalla mitattavia kohteita kuten sivusijainti, sauman leveys, sauman hammastus ja korkeusasema tuella. (Betonikeskus ry 2011.)

Kaikkien betonielementtien valmistuksessa ja asiakirjoissa suositellaan käytettäväksi Betonikeskus ry:n Betonielementtien toleranssit 2011 mukaisia valmistustoleransseja. Betonielementtien toleranssit 2011:ssä on otettu huomioon uudet eurooppalaiset suunnittelu- ja tuotestandardit ja ne näin täyttävät kuorilaatoilta vaadittavat SFS-EN 13747 + A2 minimistandardit. (Betonikeskus ry 2011.)



KUVIO 1. Rakennustoleranssin muodostuminen (Betonikeskus ry 2011.)

Esijännitetyn kuorilaatan valmistus- ja rakennustoleranssit esitetty kuvan 6 taulukossa. Rakentamistoleransseilla voidaan varmistua elementtien oikein asennuksesta ja rakenteen toimivuudesta. Elementtiasennuksen työturvallisuus paranee myös huomattavasti, kun kaikki elementit on asennettu oikein. Rakennustoleransseja tarkastaessa tulee ottaa huomioon taulukossa esiintyvien mittauskohteiden lisäksi elementtien kunto sekä tuentojen oikeellisuus. (Betonikeskus ry 2011.)

ESIJÄNNITETTY KUORILAATAT

Valmistustoleranssit [mm]	
Mittauksen kohde	
Pituus (L)	±20
Paksuus (h) ¹⁾	+10; -5
Leveys (b)	
– kokonainen laatta	-5; +0
– kavennettu laatta	±20
Sivukäyryys (a)	±L/1000, enintään ±10
Pään kulmapoikkeama (p)	±10
Teräsosat (t) (tehtaalla asennetut)	±20
Reiät ja varaukset (t)	
– pituussuunta	±30
– poikkisuunta	±20
Rakentamistoleranssit [mm]	
Mittauksen kohde	
Sivusijainti	±20
Sauman leveys	+15; -5
Sauman hammastus alapinnassa	
– tuella	5
– keskellä	8
Korkeusasema tuella	±15

¹⁾ Ei koske ansaita.

²⁾ Mitataan pinnan päätasoon.

KUVA 6. Esijännitetyn kuorilaatan valmistus- ja rakennustoleranssit. (Betonikeskus ry 2011.)

Rakennustoleranssia mitatessa tulee ottaa huomioon olosuhteet ja tehtävä taulukon 1 taulukon mukaisia korjauksia tarvittaessa. Mittaukset on suunniteltu tehtäväksi + 20 °C:n lämpötilassa, mikäli mittauksia tehdään muissa olosuhteissa, tulee korjaustaulukko ottaa huomioon. Näin vältetään lämpölaajenemisesta johtuvista mittavirheiltä. (Betonikeskus ry 2011.)

TAULUKKO 1. Lämpötilavaihtelun korjaustaulukko (Betonikeskus ry 2011.)

Lämpötila °C	Mittauspituus [m]			
	5	10	15	20
+30	-0,5	-1	-1,5	-2
+20	—	—	—	—
+10	+0,5	+1	+1,5	+2
0	+1	+2	+3	+4
-10	+1,5	+3	+4,5	+6
-20	+2	+4	+6	+8

3.7 Palonkesto

Kaikki vertailtavat rakenteet ovat betonirakenteita, joiden ominaisuuksiin kuuluu hyvä paloturvallisuus. Betoni on kivipohjaisena materiaalina erittäin paloturvallinen, se ei syty, lisää palokuormaa, levitä paloa tai tuota myrkyllisiä savukaasuja. Betonirakenteiden rakennusten sortuminen tulipalossa on erittäin harvinaista, erittäin hoikkia rakenteita lukuun ottamatta betonirakenne kestää tulipalossa poikkeuksetta vähintään tunnin. Betoni estää tehokkaasti palon leviämisen ja sitä käytetäänkin usein osastoivana rakenteena erottamaan paloalueet toistaan. Esimerkiksi asuinkerrostaloissa syttyy vuosittain satoja tulipaloja, mutta betonirakenteisissa kerrostaloissa palo rajoittuu yleensä siihen huoneistoon, jossa se on syttynyt. Tulipalossa vaurioitunut betonirakenne on usein korjattavissa suhteellisen helposti. Tulipaloissa betonin pintakerros on saattanut vaurioitua tai lohkeilla, tarvittaessa vauriot saadaan korjattua esimerkiksi ruiskubetonoinnilla. Sammutustöistä kastunut ja savuvaurioita kärsinyt betonirakenne on kuitenkin usein valmis käyttöön, kun se on puhdistettu ja kuivanut. (Betoniteollisuus ry 2017a.)

Esimerkkikohteessa välipohjien palonkestovaatimus (R60) ei ole määrävssä asemassa määritettäessä rakennepaksuutta. Pidempien palonkestoajojen saavuttaminen vaatii välipohjan rakennepaksuuden kasvattamista, mikä lisää kustannuksia. Tarvittaessa betonirakenteet saadaan kuitenkin mitoitettua jopa 240 minuutin standardipalolle käyttämällä SFS-EN 1992-1-2 taulukkomitoitusta. (Betoniteollisuus ry 2017a.)

4 VÄLIPOHJARAKENTEIDEN VERTAILU

4.1 Lähtötiedot

Luvussa 4.1 vertaillaan kolmen eri betonirakenteisen laattarakenteen ominaisuuksia pysäköintilaitoksen välipohjaksi. Vertailussa ovat kuorilaatta-, ontelolaatta-, ja massiiviteräsbetonirakenne. Esimerkkikohteena vertailussa on käytetty seitsemänkerroksista pysäköintilaitosta, jossa yhden kerroksen kerrosala on noin 2800 m².

Vertailun toinen esijännitetty laattaelementti on ontelolaatta. Ontelolaatat eroavat kuorilaatoista siten, että ne voivat toimia välipohjana sellaisenaan eivätkä välttämättä vaadi pintavalua. Ontelolaatat perustuvat kevennykseen joka on toteutettu laatan pituussuunnassa kulkevilla onteloilla. Ontelolaattojen suurin etu perustuu pitkiin jänneväleihin, käyttämällä ontelolaattoja on mahdollista päästä jopa 20 metrin jänneväleihin asti. Kuorilaatan tavoin ontelolaatan vakioleveys on 1200 mm, mutta ontelolaattojen paksuudet vaihtelevat 150 – 500 mm. välillä (taulukko 2). Ontelolaatta on suomen yleisin elementtilaattatyyppi, joten niiden käyttö onkin hyvin yleistä eteenkin asuntorakentamisessa.

TAULUKKO 2. Ontelolaattatyyppit (Elementtisuunnittelu 2010.)

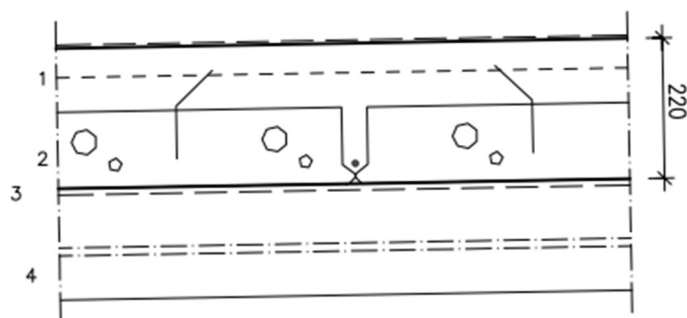
LAATTATYYPPI	LAATAN KORKEUS [mm]	ELEMENTIN PAINO [kg/m ²]	PAINO SAUMATTUNA [kg/m ²]	VÄHIMMÄISTUKIPINTA [mm]	MAKSIMIJÄNNEVÄLI [m]
O15	150	205	215	60	7,0
O20	200	245	260	60	11,0
O27	265	360	380	60	13,5
O32	320	380	400	60	16,0
O37	370	485	510	60	14,0
O40	400	435	465	100	18,5
O50	500	560	600	100	20,0

Paikallavalettu välipohja eli massiiviteräsbetonirakenne on vertailussa kolmantena vaihtoehtona. Paikallavaletulla välipohjarakenteella tarkoitetaan työsuoritusta, joka sisältää muotti-, rauditus- sekä betonointityöt työmaalla tehtynä. Paikallavalun suurimpana etuna voidaan pitää rakenteen joustavuutta eteenkin talotekniikan sijoitusten ja asennusten osalta.

4.2 Vertailtavat rakenteet

Rakennepaksuutta määritettäessä joudutaan usein käyttämään paksumpaa rakennetta äänieristävyyden sekä valuun tulevan talotekniikan vaatiman tilan takia. Esimerkkikohteen ollessa pysäköintilaitos ei kummastakaan edellä mainitusta tarvitse välittää vaan voidaan käyttää suoraan kantavuuksien määrittämiä rakennepaksuuksia. Kohteen välipohjien palonkesto vaatimukset ovat R60, joka kertoo, että rakenne kestää paloa tunnin ajan kantaavuuden, tiiviyyden ja eristävyyden osalta.

Vertailuun valittu kuorilaattarakenne jonka laattatyypin leveys on 1200 mm ja paksuus 120 mm (kuva 7). Pintavaluna tullaan käyttämään 100 mm betonivalua, jolloin rakenteen kokonaispaksuudeksi saadaan 220 mm. Kuvan jännebetonipalkin todellinen korkeus on 600 mm.



- | | | |
|--------|---|--|
| 100 mm | 1 | Paikallavalettu raudoitettu pintalaatta tuoteosasuunnitelmien mukaan. Pintalaatta muodostaa yhdessä kuorilaatan kanssa liittorakenteen, joka muodostaa vedenpitävän rakenteen. Pintakallistukset >1:70. Pinnan karheuteen kiinnitettävä huomiota kylmässä pysäköintilaitoksessa. Laatuluokka; Kulutuskestävyys luokka 2 ja suoruus luokka B. |
| 120 mm | 2 | Kuorilaatta KL120, pintalaatan raudoitukset rakennesuunnitelmien mukaan. Kuorilaatta tuetaan tuoteosasuunnitelmien mukaan. |
| | 3 | Käsittely huoneselityksen mukaan |
| | 4 | Jännebetonipalkit liittorakenteena pintalaatan kanssa. Betonilaadut erillisten suunnitelmien mukaan. |
- 220 mm

KUVA 7. Välipohjan rakenneleikkaus (TYL-P Kangas 2017.)

Ontelolaattatyypiksi vertailuun valittiin O27, jonka päälle valettiin 80mm betonilaatta. Pintalaatan käyttöön päädyttiin, koska sillä saadaan oikaistua ontelolaattojen mahdollinen asennusvaiheessa aiheutunut hammastus. Pintalaatalla saadaan myös tehtyä rakenteen vedenpoiston vaatimat kaadot välipohjiin.

Paikallavalurakenteiden osalta vertailuun valittiin 280 mm paksu massiiviteräsbetonilaatta. Paikallavalurakenteinen välipohja ei ole kustannuksiltaan täysin suoraan verrattavissa elementtirakenteisiin vaihtoehtoihin. Paikallavalurakennetta rakennettaessa vataan välipohjaa kannatteleva palkisto samalla. Rakenteen toiminta perustuu palkkien jälkijännitykseen, laskelma ei ota huomioon runkorakenteiden eroavaisuuksia vaan keskittyy ainoastaan välipohjarakenteiden kustannusvertailuun.

5 KUSTANNUSVERTAILU

5.1 Materiaalikustannukset

5.1.1 Kuorilaatta

Materiaalikustannukset koostuvat kuorilaattarakenteisessa välipohjassa kuorilaatoista, pintalaatan raudoitteista sekä betonista. Pysäköintilaitoksen yhden kerroksen kerrosala on 2845 m², joka tarkoittaa 316 kappaletta kuorilaattoja välipohjaa kohden. Esijännitetyn kuorilaatan neliöhintana on käytetty 39 €/m². Kuorilaattaelementtien kokonaiskustannukset yhden kerroksen välipohjaa kohden ovat siten 110 955 €. Pintalaatan raudoitteet toteutetaan 8 mm harjateräsverkolla, 8-150 B500K harjateräsverkon hintana on käytetty 0,55 €/m². Yhden kerroksen välipohjien raudoitteiden kokonaismeneksi laskettiin 5955 kg, ja näin ollen raudoitteiden materiaalikustannuksiksi 3275 €. Yhden kerroksen 100 mm. paksun pintalaatan betonointiin laskettiin meneksi 284,5 m³ C30/37/#0-16/S3 NP-betonia jonka hintana pidetään 80 €/m³, näin saadaan pintalaatan betonoinnin materiaalikustannuksiksi 22 760 €. Kuorilaattavälipohjan materiaalikustannuksiksi muodostuu näin yhteensä 136 990 €.

5.1.2 Ontelolaatta

Ontelolaatoilla toteutetun välipohjan materiaalikustannukset koostuvat ontelolaattaelementeistä, raudoitteista, saumavalusta, sekä pintalaatan valusta. Ontelolaattaelementin ollessa samankokoinen kuin kuorilaattaelementti on niiden menekki sama 316 kpl. välipohjaa kohden. Ontelolaattatyypiksi on valittu 265 mm korkuinen O27, jonka hinta on 35 €/m². Välipohjan pinta-alan ollessa 2845 m² muodostuu ontelolaattojen hinnaksi 99 575 €. Ontelolaattojen saumaraudoituksessa käytetään 10 ja 12 mm. harjaterästankoja, joiden menekiksi on laskettu 4060 kg ja hintana pidetään 0,7 €/kg. Saumaraudoitteiden hinnaksi muodostuu 2842 €. Ontelolaataston saumojen valuun on laskettu menevän 24,4 m³ C30/37 #0-8 saumausbetonia. Saumausbetonin hinnaksi on määritetty 70 €/m³, jolloin saumauksen materiaalikustannuksiksi saadaan 1708 €.

Pintalaatan raudoitteet toteutetaan 8 mm harjateräsverkolla, 8-150 B500K harjateräsverkon hintana on käytetty 0,55 €/m². Yhden kerroksen välipohjien raudoitteiden kokonaismeneksi laskettiin 8595 kg, ja näin ollen raudoitteiden materiaalikustannuksiksi 4727 €. Pintalaatan paksuuden ollessa 80mm ja välipohjan pinta-alan 2845 m² saadaan pintalaatan betoni meneksi 227,6 m³. Betonoinnissa käytetään samaa C30/37/#0-16/S3 NP-betonia, jonka hintana pidetään 80/m³, Pintalaatan betonoinnin materiaalikustannuksiksi saadaan näin 18 208 €. Ontelolaattavälipohjan materiaalikustannuksiksi muodostuu näin yhteensä 127 060 €.

5.1.3 Massiivibetonilaatta

Massiivibetonilaattavälipohjan eli paikallavaletun välipohjan kustannukset koostuvat muottitarvikkeista, raudoitteista sekä betonoinnista. Muottikalustona laatalle käytetään pöytämuottijärjestelmää, jonka hinnaksi on määritetty 9 €/m². Paikallavalu raudoitettiin käyttämällä 12 ja 16 mm A500HW harjaterästankoja sekä 10 mm B500K 10-150 harjateräsverkkoja. Raudoitteiden kokonaismeneksi välipohjassa laskettiin 55t. ja yhteishinnaksi määritettiin 0,65 €/kg. Raudoitteiden materiaalikustannuksiksi laskettiin 35750 €. Paikallavalun paksuuden ollessa 280mm ja välipohjan pinta-alan 2845 m² saadaan betoni meneksi 796,6 m³. Betonoinnissa käytetään samaa C30/37/#0-16/S3 NP-betonia, jonka hintana pidetään 80/m³, betonoinnin materiaalikustannuksiksi saadaan näin 63 728 €. Massiivibetonilaatan materiaalikustannuksiksi muodostuu näin yhteensä 125 083 €.

5.2 Työkustannukset

Laskelmissa käytetyt työmenekit ovat Ratu-kortiston ohjearvojen mukaisia, ja ne on laskettu tehtäväksi seitsemän rakennusammattimiehen työryhmällä. Työmenekkeihin on laskettu elementtiasennuksen vaatimat mittaukset sekä paikallavalurakenteen muottityöt. Työryhmä suorittaa työtä kesällä, joten laskelmat eivät ota huomioon talvirakentamisesta aiheutuvia kustannuksia.

Kuorilaatan osalta ainut poikkeama Ratu-kortiston ohjearvoihin on elementtiasennuksen vaatima aika, jossa laskelmissa on otettu huomioon kahden laatan samanaikainen nosto. Kuorilaattavälipohjan työvaiheet ovat mittaus, elementtiasennus, pintalaatan raudoitus sekä betonointi.

Ontelolaattavälipohjan työvaiheita ovat mittaus, elementtiasennus, elementtisaumojen raudoitus, saumavalu, pintalaatan raudoitus sekä betonointi.

Massiivibetonilaattavälipohjan työvaiheisiin kuuluvat muottityöt, raudoitus, sekä betonointi. Paikallavalurakenteen työnkesto on laskelmien mukaan 14.2 työvuoroa, mutta todellisuudessa siitä voidaan vähentää noin 50 % työvaiheiden limityksen vuoksi. Todellinen työnkesto olisi noin 7 työvuoroa.

Työmaan nostotyöt suoritetaan ajoneuvonosturilla alihankintana. Ajoneuvonosturin aiheuttamat kulut riippuvat elementtirakentamisessa suoraan työnkestosta. Paikallavalurakenteessa nosturille ei ole työmaalla kokoaikaista tarvetta, joten sen alihankintakustannukset ovat näin ollen pienemmät.

5.3 Kokonaiskustannukset

Kokonaiskustannuksia tarkastellessa edullisin vaihtoehto toteuttaa välipohja on ontelolaattarakenne. Materiaalikustannuksiltaan paikallavalurakenne on halvin, mutta sen työkustannukset ovat taas ylivoimaisesti suurimmat, joka tekee siitä vertailun kalleimman kokonaiskustannusten osalta. Ontelolaatan edullisimmat materiaalikustannukset yhdistettynä kohtuullisiin työkustannuksiin tuovat sille voiton vertailussa. Kuorilaattarakenteen säästöt tulevat työkustannuksissa sekä eteenkin työn aikataulutuksessa, koska sen töiden kokonaiskesto on selvästi lyhyin. Kalleimpien materiaalikustannusten vuoksi se jää vertailussa toiselle sijalle ontelolaattarakenteen taakse. Kuorilaattojen sekä paikallavalurakenteen kilpailukykyisyyttä nostaisi huomattavasti, jos käytössä olisi NP-betonin sijaan edullisempi betonilaatu.

TAULUKKO 3. Kuorilaattarakenteen kokonaiskustannukset.

Kuorilaatta	Määrä	Yksikkö	Työkustannus				Materiaalikustannus			Alihankinta		Yht
			h/yks	h yht	€/h	€ yht	Hukka %	€/yks	€/yht	€/yks	€ yht	
Mittaus	316	tth/kpl	0,12	37,92	30	1137,6			0		0	1138
Laattojen asennus	316	tth/kpl	0,2	63,2	30	1896			0		0	1896
Raudoitus	5955	tth/1000kg	0,005	29,775	30	893,25			0		0	893
Betonointi	316	tth/kpl	0,42	132,72	30	3981,6			0		0	3982
				0		0			0		0	0
Kuorilaatta 120 mm	2845	m2		0		0		39	110955		0	110955
Raudat	5955	kg		0		0		0,55	3275,25		0	3275
Betoni	284,5	m3		0		0		80	22760		0	22760
				0		0			0		0	0
Ajoneuvonosturi	37,6	tth		0		0			0	100	3760	3760
				0		0			0		0	0
Yhteensä				0		0			0		0	148659

TAULUKKO 4. Ontelolaattarakenteen kokonaiskustannukset.

Ontelolaatta	Määrä	Yksikkö	Työkustannus				Materiaalikustannus			Alihankinta		Yht
			h/yks	h yht	€/h	€ yht	Hukka %	€/yks	€/yht	€/yks	€ yht	
Mittaus	316	tth/kpl	0,12	37,92	30	1137,6			0		0	1138
Laattojen asennus	316	tth/kpl	0,36	113,76	30	3412,8			0		0	3413
Raudoitus, laudoitus ja purku	316	tth/kpl	0,23	72,68	30	2180,4			0		0	2180
Betonointi	316	tth/kpl	0,1	31,6	30	948			0		0	948
Pintalaatan raudoitus	8595	tth/1000kg	0,0075	64,4625	30	1933,88			0		0	1934
Pintalaatan betonointi	227,6	tth/m3	0,18	40,968	30	1229,04			0		0	1229
				0		0			0		0	0
Ontelolaatta 265 mm	2845	m2		0		0		35	99575		0	99575
Saumaraudat	4060	kg		0		0		0,7	2842		0	2842
Saumasbetoni	24,4	m3		0		0		70	1708		0	1708
Pintalaatta raudoite	8595	kg		0		0		0,55	4727,25		0	4727
Pintalaatta betoni	227,6	m3		0		0		80	18208		0	18208
				0		0			0		0	0
Ajoneuvonosturi	46,4	tth		0		0			0	100	4640	4640
				0		0			0		0	0
Yhteensä				0		0			0		0	142542

TAULUKKO 5. Massiivibetonilaattavälipohjan kokonaiskustannukset.

Paikallavalualaatta			Työkustannus				Materiaalikustannus			Alihankinta		
Selite	Määrä	Yksikkö	h/yks	h yht	€/h	€ yht	Hukka %	€/yks	€/yht	€/yks	€ yht	Yht
Muotittimet	2845	tth/m2	0,08	227,6	30	6145,2			0		0	6145
Raudoitus	55000	tth/1000kg	0,005	275	30	8250			0		0	8250
Betonointi	796,6	tth/m3	0,18	143,388	30	4086,56			0		0	4087
Muotinpurku	2845	tth/m2	0,07	199,15	30	5377,05			0		0	5377
				0		0			0		0	0
				0		0			0		0	0
Muotti	2845	m2		0		0		9	25605		0	25605
Raudotteet	55000	kg		0		0		0,65	35750		0	35750
Betoni	796,6	m3		0		0		80	63728		0	63728
				0		0			0		0	0
				0		0			0		0	0
Ajoneuvonosturi (ei kokoaikasta tarvetta)	32	tth		0		0			0	100	3200	3200
				0		0			0		0	0
Yhteensä				0		0			0		0	152142

TAULUKKO 6. Rakennetyyppien kokonaiskustannukset.

Rakennetyyppi	Kuorilaatta	Ontelolaatta	Paikallavalu
Materiaalikustannukset/m2	48,2	44,7	44,0
Materiaalikustannukset	136990	127060	125083
Työkustannukset/m2	2,8	3,8	8,4
Työkustannukset	7908	10842	23859
Alihankinta	3760	4640	3200
Kokonaiskustannukset/m2	52,3	50,1	53,5
Kokonaiskustannukset	148658	142542	152142
Hintaero	6116	-	9600
Hintaero %	4 %	-	7 %

Taulukoissa näkyvien kokonaiskustannusten lisäksi välipohjarakenteissa ilmenee myös epäsuoria kustannuksia, joilla tarkoitetaan välipohjarakenteiden aiheuttamia lisätyöväihteitä. Ontelolaattarakenteessa tyypillisiä epäsuoria kustannuksia ovat veden poistaminen onteloista ja niiden kuivattaminen. Ontelovälipohja voidaan myös toteuttaa ilman pinta-alkua, mutta se aiheuttaa myös epäsuoria kustannuksia hammastuksen tasoittamisen sekä saumojen korjauksen muodossa.

Kuorilaattarakennetta käytettäessä epäsuorat kustannukset jäävät pienemmiksi ja näin työmaan talouden hoitaminen helpottuu huomattavasti kulujen ollessa paremmin tiedossa. Kuorilaattarakenteen suurin hyöty on kuitenkin sen asennusnopeus, koska laattoja voidaan asentaa kaksi yhdellä nostokerralla tai käyttää vaihtoehtoisesti 2400 mm leveää

kuorilaattaa. Asennusnopeuden ollessa parempi kuin kilpailevissa vaihtoehtoisissa nopeutuu rakennuksen kokonaisaikataulukin. Aikataululliset hyödyt korostuvat eteenkin suurimmissa rakennuskohteissa.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tulokset osoittivat, että kyseisen pysäköintilaitoksen välipohjat ovat edullisinta toteuttaa käyttämällä ontelolaattarakennetta. Tästä huolimatta, ei sen valinta välipohjaksi ole kuitenkaan välttämättä paras mahdollinen. Ontelolaattarakenteeseen liittyy paljon jälkitöitä ja näiden myötä paljon jälkitöistä aiheutuvia epäsuoria kustannuksia. Työmaan taloudenhallinnan kannalta on tärkeää, että työvaiheiden kaikki kustannukset saataisiin tietoon etukäteen. Mitä tarkemmin työmaan kustannukset tiedetään ennakkoon, sitä tarkemmin voidaan työmaan taloutta ennustaa. Kuorilaattarakennetta käytettäessä epäsuorat kustannukset jäävät pienemmiksi ja näin työmaan talouden hoitaminen helpottuu huomattavasti kulujen ollessa paremmin tiedossa.

Aikataulusvertailussa kuorilaattarakenne oli kiistaton voittaja sen parhaan asennusnopeuden takia, jolla on merkittävä vaikutus työmaan kokonaiskeston ja näin myös kokonaiskustannuksiin. Hankkeen kokonaiskeston lyhentyessä säästetään monissa asioissa kuten työnjohdon palkoissa, työmaan toimitilojen sekä sosiaalityötilojen vuokrissa sekä muissa yleiskuluissa.

Kohteessa jossa ei vaadita NP-betonin käyttöä, uskon kuorilaattarakenteen olevan kilpailukykyinen jopa materiaalikustannuksiltaan. Kustannusvertailun jatkotutkimuksena olisi mielestäni tulevaisuuden kannalta hyödyllistä tutkia ovatko kuorilaattarakenteen tuomat aikataulusäästöt riittäviä kompensoimaan sen korkeampia kokonaiskustannuksia.

LÄHTEET

- Betoniteollisuus ry. 2013. Kuorilaattojen asennusohje. [pdf] Luettu 2.11.2017.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23917/Kuorilaattojen%20asennusohje.pdf>
- Betonikeskus ry. 2011. Betonielementtien toleranssit. [pdf] Luettu 6.11.2017.
https://asv.fi/sites/default/files/asv_betonielementtien_toleranssit_2011.pdf
- Betoniteollisuus ry 2017a. Valmisbetoni. Suunnittelu. Rakenteellinen paloturvallisuus. Luettu 12.11.2017.
<http://www.valmisbetoni.fi/suunnittelu/rakenteellinen-paloturvallisuus>
- Betoniteollisuus ry 2017b. Valmisbetoni. Toteutus. Kosteudenhallinta. Luettu 12.11.2017.
<http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/kosteudenhallinta>
- Elementtisuunnittelu. 2010a. Elementtien asennus. Betoniteollisuus ry. Luettu 2.11.2017.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus>
- Elementtisuunnittelu. 2010b. Elementtien asennus. Asennusaikainen stabiliteetti. Betoniteollisuus ry. Luettu 2.11.2017.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/elementtien-asennus/asennusohjeet/asennusaikainen-stabiliteetti>
- Elementtisuunnittelu. 2010c. Runkorakenteet. Laatat. Kuorilaatat. Betoniteollisuus ry. Luettu 2.11.2017.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/kuorilaatat>
- Elementtisuunnittelu. 2010d. Runkorakenteet. Liittorakenteet. Betoniteollisuus ry. Luettu 30.10.2017.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/liittorakenteet>
- Elementtisuunnittelu. 2010e. Rakennejärjestelmät. Pysäköintilaitokset. Betoniteollisuus ry. Luettu 30.10.2017.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/pysakointilaitokset>.
- Elementtisuunnittelu. 2010f. Rakennejärjestelmät. Teollisuus- ja varastorakennukset. Betoniteollisuus ry. Luettu 2.11.2017.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/rakennejarjestelmat/teollisuus-ja-varastorakennukset>
- Lydman, M. 1998. Yhdistelmärakenteet. Helsinki: Lohja Rudus Oy.
- Merikallio, T. 2002. Betonirakenteiden kosteusmittaus ja kuivumisen arviointi. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.
- Rakennustieto Oy & Talonrakennusteollisuus ry. 2012. Ratu 0389. Ontelo- ja TT-laatta-elementtityö. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Rakennustieto Oy & Talonrakennusteollisuus ry. 2012. Ratu 0390. Kuorilaatta-elementti- ja liittolevytyö. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustieto Oy & Talonrakennusteollisuus ry. 2002. Ratu 1201-S. Runkorakenteet, paikalla rakennettavat. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rudus. 2017. Nopeammin päällystettävät NP-lattiabetonit. [pdf] Luettu 12.11.2017. www.rudus.fi/Download/.../Nopeammin%20päällystettävät%20NP-lattiabetonit.pdf

Työyhteenliittymä P-Kangas. 2017. Kohteen piirustuksia.

Valmisbetoni. 2017. Toteutus. Betonilattiat. Betoniteollisuus ry. Luettu 6.11.2017. <http://www.valmisbetoni.fi/toteutus/betonilattiat>